云 南 植 物 研 究 2009, 31 (2): 163～165
Acta Botanica Yunnanica DOI: 10.3724 SP.J.1143.2009.08174

低浓度 NaCl 对玉米幼苗光合作用的影响

王宝增

(廊坊师范学院生命科学学院, 河北 廊坊 065000)

摘要: 以 Hoagland 溶液为基础培养液, 采用沙培法, 研究了 0, 5, 10, 20, 30 mmol L NaCl 对玉米 (*Zea mays*) 幼苗光合作用的影响。结果表明, 低浓度 NaCl (5, 10 mmol L NaCl) 处理使其叶绿素含量增加, Chla Chlb 增大, PEPCase 活性提高, 光合速率增强。说明低盐促进玉米的光合作用可能与叶绿素含量增加, Chla Chlb 增大以及 PEPCase 活性提高有关。

关键词: NaCl; 玉米; 光合作用

中图分类号: Q 945 **文献标识码**: A **文章编号**: 0253 - 2700 (2009) 02 - 163 - 03

Effect of Low NaCl Level on Photosynthesis of *Zea mays* Seedlings

WANG Bao-Zeng

(*Faculty of Life Sciences, Langfang Teacher's College*, Langfang, 065000, China)

Abstract: Seedlings of *Zea mays* cultured with Hoagland nutrient solutions were treated with different low levels of NaCl (0, 5, 10, 20, 30 mmol L) . After 30 days treatment, several physiological paramaters were determined, including the content of chlorophyll, the Chla Chlb ratio, the activity of PEPCase and the photosynthetic rate (Pn) . The results showed that the content of chlorophyll, the Chla Chlb ratio, the photosynthetic rate and the activity of PEPCase increased under low NaCl level (5, 10 mmol L) . It could be concluded that the rise in photosynthesis of *Zea mays* seedlings under low NaCl level might be related to those changes in the physiological parameters above .

Key words: NaCl; *Zea mays*; Photosynthesis

光合作用是植物生长发育的基础, NaCl 对光合作用的影响已有综述文章报导 (朱新广和张其德, 1999)。目前多数研究主要集中在盐胁迫方面, 低浓度 NaCl 对植物的光合作用有何影响, 研究较少。钠在植物中的作用比较特殊, 以前曾有人提出钠是 C$_4$ 植物的必需元素 (Brownell, 1979), 最近又有人将钠定义为 “功能元素” (Subbarao 等, 2003)。本文以非盐生 C$_4$ 植物玉米为试验材料, 通过低浓度 NaCl 处理后相关生理指标的变化, 探讨低盐对玉米光合作用的影响。

1 材料与方法

1.1 材料培养

五月初将玉米 (*Zea mays*) (沈单 10) 种子经 0.1% HgCl$_2$ 消毒 10 min, 自来水冲洗干净, 播种于装有细沙的塑料盆内。萌发后, 每天浇灌 Hoagland 培养液 (由蒸馏水配制)。培养室的昼夜温度为 (28±2)℃ (20±2)℃, 每天照光 15 h, 光强约 600 μmol m^{2} s。

1.2 处理方法

幼苗长至三叶一心时, 分别用含不同浓度 NaCl (0, 5, 10, 20, 30 mmol L) 的 Hoagland 溶液 (由蒸馏水配制) 进行处理, 对照 (0) 为完全 Hoagland 培养液。每天以预定浓度的处理液浇灌, 浇灌量为细沙持水量的三倍, 以

收稿日期: 2008 - 09 - 16, 2008 - 12 - 04 接受发表

作者简介: 王宝增 (1975 -) 男, 硕士, 讲师, 主要从事植物逆境生理研究。E-mail: Wangbz666@126.com

保持各个处理盐浓度的恒定。处理 30 d 后，测定相关生理指标。

1.3　测定方法

1.3.1　叶绿素含量的测定

参考张志良和瞿伟菁 (2003) 的方法。

1.3.2　光合速率、气孔导度及细胞间隙 CO_2 浓度的测定

盐处理 30 d 后，用 Li-6400 便携式光合作用测定仪进行光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、细胞间隙 CO_2 浓度 (Ci) 测定，各测定都取从顶部数第 2 片完全伸展的叶片。测定时光强为 800 μmol m^2 s，温度为 25℃，相对湿度为 40%。以上指标重复 7 次。

1.3.3　PEPCase 活性的测定

参考吴敏贤 (1985) 的方法。

2　结果与分析

2.1　低盐下玉米幼苗叶绿素含量和组成的变化

处理 30 d 后，测玉米幼苗叶绿素的含量和组成，发现 5～10 mmol L NaCl 处理的植株叶绿素总量高于对照，其含量比对照分别增加了 16.9% ($P < 0.05$) 和 8.1%。在叶绿素组成上，低浓度 NaCl 主要影响叶绿素 a 的含量和叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值，5 和 10 mmol L NaCl 处理的材料，叶绿素 a 的含量分别比对照增加了 18.0% ($P < 0.05$) 和 15.3% ($P < 0.05$)，Chla Chlb 值也明显高于对照 ($P < 0.05$) (图 1)。

2.2　低盐下玉米幼苗光合指标的变化

30 d 后，低盐处理的玉米幼苗其光合速率明显高于对照，5～10 mmol L NaCl 处理的玉米幼苗，光合速率分别是对照的 1.33 倍 ($P < 0.05$) 和 1.21 倍 ($P < 0.05$)。气孔导度随着盐浓度的增加呈先升高后降低的趋势，10 mmol L NaCl 处理达最大值，但差异不显著 ($P > 0.05$)，说明低盐促进光合作用可能与气孔导度关系不大。就细胞间隙 CO_2 浓度而言，5～20 mmol L NaCl 处理的均低于对照，说明在低浓度 NaCl 处理下，光合细胞对 CO_2 的利用比较迅速，导致胞间 CO_2 浓度降低。

在 5，10 mmol L NaCl 处理下，玉米幼苗 PEPCase 活性分别比对照增加了 17.3% ($P < 0.01$) 和 15.2% ($P < 0.05$)，而 20 mmol L 处理下，其活性与对照差别不大，为对照的 97.9%。由此可见，低浓度 NaCl 提高了玉米幼苗 PEPCase 活性 (图 2)。

3　讨论

就 NaCl 与玉米幼苗光合作用的关系而言，以往的研究主要集中在高浓度 NaCl 对其抑制的机理方面 (郭书奎和赵可夫，2001；王丽燕和赵可夫，2005)。玉米属于 C_4 植物，而钠对于 C_4 植物的特殊作用使得人们有必要从另一个角度来探讨二者之间的关系。

从表观上看，低浓度 NaCl 处理 (5，10 mmol L NaCl) 的玉米幼苗，叶片伸展良好，长势要好于对照。同时，叶片叶绿素含量也明显高于对照 (图 1)。叶绿素含量增加，则光能的吸收、

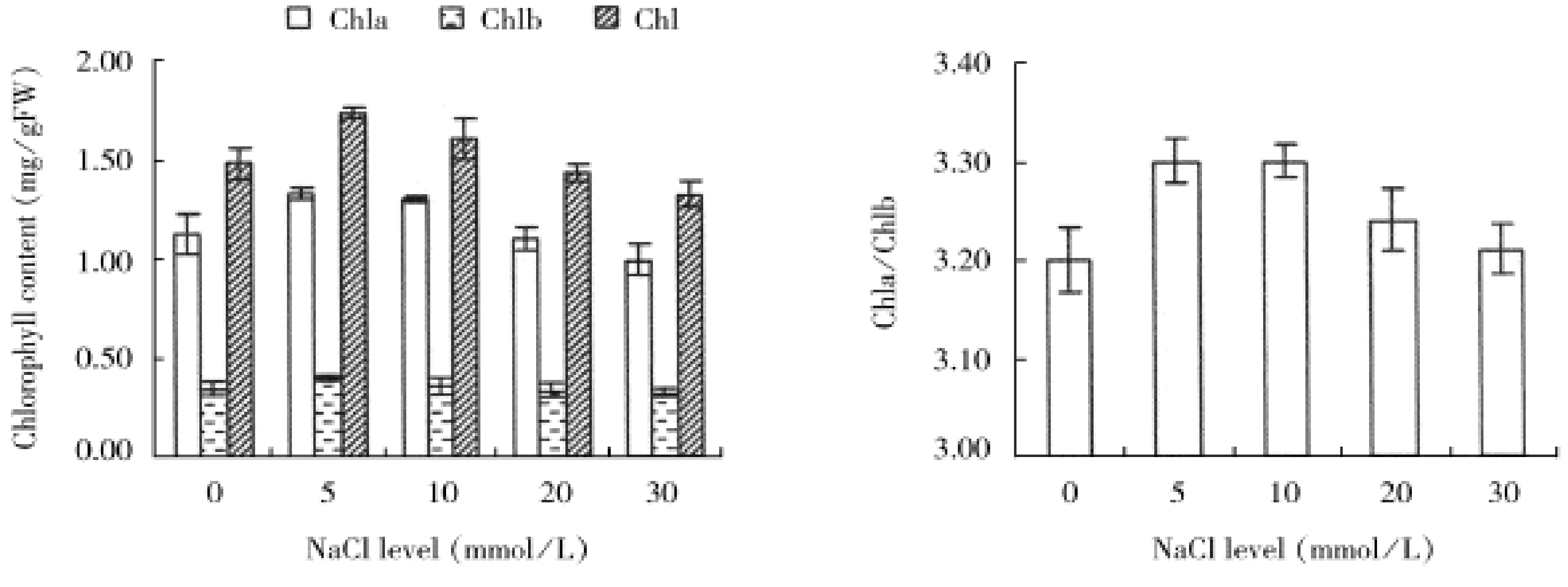

图 1　低浓度 NaCl 对玉米叶绿素含量及 Chla Chalb 的影响

(Chla：叶绿素 a；Chlb：叶绿素 b；Chl：叶绿素总量；图中数据为平均数 ± 标准差，n = 7)

Fig. 1　Effect of low NaCl level on chlorophyll content and Chla Chalb ratio of *Zea mays*

(Chla：chlorophyll a；Chlb：chlorophyll b；Chl：the total chlorophyll；The value is mean ±SD，n = 7)

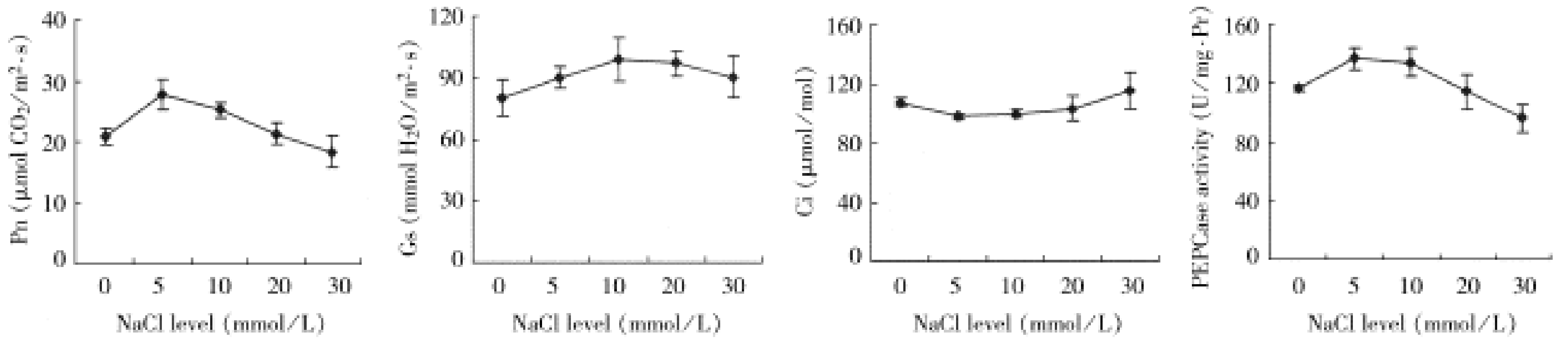

图 2　低浓度 NaCl 对玉米光合指标的影响（图中数据为平均数±标准差，n = 7）

Fig. 2　Effect of low NaCl level on photosynthetic parameters of *Zea mays* (The value is mean ±SD, n = 7)

传递与转化加强，进而导致光合作用强度的提高。低钠盐处理增加植物叶绿素含量以前也有报道（邹邦基，1980；Munns 等，1986），其原因目前尚不清楚。但 Matoh and Murata（1990）认为钠有利于植物叶绿素的合成。另外，在低浓度 NaCl 处理下（5、10 mmol L NaCl），Chla Chlb 要高于对照（图 1）。Chla Chlb 的比值代表类囊体的垛叠程度，类囊体的垛叠程度越小，光抑制越强（Eva-Mari 等，1993），低盐处理下 Chla Chlb 比值的增大，意味着类囊体垛叠程度的提高，光抑制减弱，从而提高了光合速率。

从图 2 可以看出，在 5～10 mmol L NaCl 处理下，玉米叶片的光合速率高于对照，叶肉细胞间隙 CO_2 浓度低于对照，气孔导度在该盐浓度处理下虽有增大的趋势，但差异不显著，说明低盐下玉米光合速率的增大可能与气孔因素无关。再结合 PEPCase 活性变化，该酶在低浓度 NaCl 处理下活性增大。作为 C_4 植物光合途径的关键酶，PEPCase 活性增大可以提高 CO_2 的初始固定效率，为碳同化提供充足的原料，说明低盐下玉米光合速率的增大与叶肉细胞的光合活性增强有关。此外，还有证据表明（Brownell 等，1996），在 C_4 途径中，钠参与了将丙酮酸转化成 PEP 的各个过程，例如将丙酮酸运输到叶肉细胞的叶绿体，为丙酮酸运输及其转化成 PEP 提供能量等。

综上所述，低浓度 NaCl 促进了玉米的光合作用。但需要指出的是，不同的 C_4 植物对钠的需要量是不同的，超过了一定浓度，便会导致盐害。

〔参考文献〕

吴敏贤，1985．**磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶活性的测定．植物生理学实验手册**［M］．**上海：上海科学技术出版社**，169—171

张志良，瞿伟菁，2003．**植物生理学实验指导（第三版）**［M］．**北京：高等教育出版社**，67—70

Brownell PF, Bielig LM, 1996．The role of sodium in the conversion of pyruvate to phosphoenolpyruvate in mesophyll chloroplasts of C_4 plants [J]．*Australian Journal of Plant Physiology*, 23: 171—177

Brownell PF, 1979．Sodium as an essential micronutrient element for plants and its possible role in metabolism [J]．*Advances in Botanical Research*, 7: 117—224

Eva-Mari A, Mccaffery S, Anderson JM, 1993．Photoinhibition and D1 protein degradation in peas acclimated to different growth irradiances [J]．*Plant Physiology*, 103: 835—843

Guo SK（**郭书奎**）, Zhao KF（**赵可夫**）, 2001．The possible mechanisms of NaCl inhibit photosynthesis of Maize seedlings [J]．*Acta Phytophysiologica Sinica*（**植物生理学报**）, 27 (6): 461—466

Matoh T, Murata S, 1990．Sodium stimulates growth of *Panicum coloratum* through enhanced photosynthesis [J]．*Plant Physiology*, 92: 1169—1173

Munns R, Termaat A, 1986．Whole-plant responses to salinity [J]．*Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143—160

Subbarao GV, Ito O, Berry WL *et al.*, 2003．Sodium-A functional plant nutrient [J]．*Critical Reviews in Plant Sciences*, 22 (5): 391—416

Wang LY（**王丽燕**）, Zhao KF（**赵可夫**）, 2005．Some physiological response of *Zea mays* under salt-stress [J]．*Acta Agronomica Sinica*（**作物学报**）, 31 (2): 264—266

Zhu XG（**朱新广**）, Zhang QD（**张其德**）, 1999．Advances in the research on the effects of NaCl on photosynthesis [J]．*Chinese Bulletin of Botany*（**植物学通报**）, 16 (4): 332—338

Zou BJ（**邹邦基**）, 1980．Plant nutrition and physiological ecology of sodium [J]．*Plant Physiology Communications*（**植物生理学通讯**）, 5: 5—11